

**СЕРВИС И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ  
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.  
КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МОДЕРНИЗАЦИИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ  
И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН**

---

УДК 676+62-7

**РОЛЬ ДИАГНОСТИКИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Санников Александр Александрович,  
д-р техн. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, E-mail: [sannikov@usfeu.ru](mailto:sannikov@usfeu.ru)**

**Куцубина Нелли Валерьевна,  
канд. техн. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, E-mail: [Nelly3416@mail.ru](mailto:Nelly3416@mail.ru)**

***Ключевые слова:** техническая эксплуатация, бумагоделательное оборудование, диагностика и анализ технического состояния.*

***Аннотация.** В докладе обсуждается сущность и стратегии технической эксплуатации бумагоделательного оборудования на основе контроля, диагностики и анализа его технического состояния.*

**THE ROLE OF DIAGNOSTICS IN IMPROVING THE TECHNICAL OPERATION  
OF PAPERMAKING EQUIPMENT**

**Sannikov Alexander Alexandrovich,  
holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, professor  
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: [sannikov@usfeu.ru](mailto:sannikov@usfeu.ru)**

**Kutsubina Nelli Valeryevna,  
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: [Nelly3416@mail.ru](mailto:Nelly3416@mail.ru)**

***Key words:** technical operation, papermaking equipment, diagnostics and analysis of technical condition.*

***Abstract.** The report discusses the nature and strategy of technical operation of paper equipment on the basis of control, diagnosis and analysis of its technical condition.*

Под технической эксплуатацией понимается поддержание оборудования в работоспособном состоянии. Затраты на техническую эксплуатацию оборудования вносит существенный «вклад» в себестоимость выпускаемой продукции.

Существуют следующие стратегии технического обслуживания и ремонта: послеаварийные, планово-предупредительные (ППР), по состоянию. При любой стратегии, форме и способе технического обслуживания важнейшее значение имеет своевременное информирование о его техническом состоянии. Такая информация обеспечивается контролем, диагностикой, мониторингом технического состояния оборудования [1].

В соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 13375-2013 применяются следующие термины и определения.

*Контроль технического состояния* – сбор и обработка данных, характеризующих техническое состояние машины в разные моменты времени.

*Диагностирование* – анализ диагностических признаков или комплексов диагностических признаков с целью определения природы неисправности или отказа (вида, места, степени развития).

*Отказ* – утрата объектом способности выполнять требуемую функцию.

*Неисправность* – состояние объекта, когда его элементы проявляют признаки деградации, что может привести к отказу. Следствием неисправности является отказ.

*Диагностический признак* – параметр сигнала, несущий информацию о техническом состоянии объекта.

В докладе используется понятие «анализ технического состояния объекта диагностирования», под которым понимается метод анализа системы с целью идентификации функций и функциональных отказов оборудования, а также оценки причин и последствий отказов, нормирования параметров отказов и их диагностических признаков [2].

Бумагоделательные машины (далее – БМ) представляют собой сложнейшие системы взаимосвязанных технологических процессов различной физической природы и конструктивных решений, реализующих эти технологические процессы. Чрезвычайно сложно математическое моделирование этих процессов для принятия технических решений не только при проектировании БМ, но также при их технической эксплуатации, включая методы их контроля, диагностики и анализа технического состояния.

БМ – это автоматически действующая поточная линия, работающая непрерывно без резервирования, имеющая более сотни валов и цилиндров и тысячи подшипников. Количество точек и объектов диагностирования приближается к тысяче. Отказ одного вала и даже одного подшипника приводит к остановке не только БМ, но и всего технологического оборудования в потоке БМ. Цена отказа только одного подшипника очень велика. Поэтому на предприятиях ЦБП контроль и диагностика оборудования зародились как диагностика БМ.

Рассмотрим особенности контроля и диагностики БМ. Особенность диагностики валов и роторов БМ заключается в том, что валы и цилиндры в БМ взаимосвязаны посредством сетки, сукна, бумаги или образуют батареи. Батареи валов различают двух типов. В батареях первого типа валы контактируют по образующим. К батареям этого типа относятся прессы, каландры, накаты. В батареях второго типа валы связаны гибкой упругой связью в виде паразитного зубчатого привода. В ряде случаев валы связаны одновременно по образующим цилиндров и посредством сукна, например, в прессовой части. В сушильной части связь цилиндров осуществляется посредством сетки и паразитного привода.

Источниками вибрации батарей валов могут быть силовые воздействия, например силы инерции неуравновешенных масс валов; кинематические воздействия, например нецилиндричность поверхностей соприкасаемых валов; параметрические воздействия, например неравномерность упругих свойств сукна в контакте валов; автофрикционные воздействия, например воздействие сил трения сетки относительно крышки отсасывающего ящика. Трудно распознаваемым структурным параметром технического состояния привода является его статическая неопределимость. Например, привод сушильного цилиндра осуществляется одновременно сеткой и паразитным приводом. Вышеназванные причины плохо распознаются при диагностике.

Отличие анализа технического состояния от диагностики заключается в том, что при диагностике диагностируемый дефект известен, выявляется лишь величина структурного параметра технического состояния объекта диагностирования. Параметры вибрации сопоставляются с предельными нормативными значениями. При анализе технического состояния сначала выявляется причина возникновения колебаний, а затем оценивается величина диагностического признака путем сравнения его с нормативным значением.

Выявление нормативного параметра вибрации – наиболее сложный этап диагностики. На предприятиях ЦБП эксплуатируются БМ различного типа, работающие на разных скоростях. Для качественной диагностики необходимо устанавливать нормативные параметры вибрации для каждой БМ, работающей на конкретной скорости. Нормативные параметры вибрации БМ в соответствии с требованиями ГОСТ 26493-85 [3] следует принимать как ориентировочные.

Проблема совершенствования технической эксплуатации машин и оборудования на основе диагностики не нова. Более 30 лет назад была опубликована статья профессора А. Горелика [4], в которой было отмечено, что затраты на техническую эксплуатацию оборудования в 4-6 раз превышают его первоначальную стоимость. Системы технической диагностики высоко экономичны. Их использование позволяет получить до 10-15 рублей прибыли на 1 руб. затрат. Позднее еще более страстно выразился профессор В. Ключев: «Внедрение диагностики – задача государственной безопасности страны» [5]. Роль и значение диагностики технических систем регламентируются на государственном уровне. В ГОСТ Р ИСО 18436-2-2005 [6] регламентируются требования к подготовке и контролю уровня подготовки специалистов по диагностике оборудования.

Внедрение диагностики на предприятии обеспечивает:

- увеличение общей эффективности оборудования путем мониторинга его состояния и предотвращение аварий;

- повышение качества выпускаемой продукции путем мониторинга и диагностики оборудования;

- сокращение затрат на техническое обслуживание и ремонт путем планирования сроков и объема работ по результатам диагностики;

- повышение качества ремонтов путем внедрения входного контроля, балансировки и выверки;

- разработку и внедрение диагностических паспортов оборудования.

Следует отметить, что организация входного контроля подшипников на 5-7 % сокращает затраты на обслуживание, продлевает срок службы подшипников в 2-3 раза. Балансировка увеличивает срок службы подшипников в 5-7 раз, снижение потребляемой энергии на 4-6 %. Центровка снижает вибрацию в 3-5 раз, потребление энергии на 2-3 %.

Однако организация служб диагностики на предприятиях ЦБП с целью повышения их эффективности требует совершенствования.

Так, в настоящее время на большинстве предприятий службы диагностики организованы при отделе главного механика. Эти службы диагностируют преимущественно механическое оборудование, точнее механическую составляющую оборудования. Диагностикой электрической составляющей оборудования занимаются специалисты отдела главного энергетика. Контроль технического состояния КИП и автоматики – за соответствующей службой, контроль технологического процесса осуществляется службой главного технолога.

То есть, контроль и диагностика технического состояния сложнейшей технической системы - бумагоделательной машины осуществляется четырьмя независимыми структурами со слабой информационной связью. Такая распыленность контроля и анализа технического состояния единого агрегата - БМ или отдельной системы, например оборудования целлюлозного производства, ведет к распылению средств диагностики, к нередко встречающимся на предприятиях противоречиям отдельных служб в оценке причин возникновения и развития тех или иных дефектов и повреждений. А между тем, эффективность деятельности всех структур технической эксплуатации бумагоделательных машин оценивается самым универсальным показателем – простоем БМ.

Будущее развитие диагностики оборудования видится в концентрации кадров, средств диагностики в единой структуре предприятия, которую условно назовем отделом контроля, диагностики и анализа технического состояния оборудования или отделом надежности оборудования, как это принято на АО «Монди СЛПК».

Диагностирование – процесс многоуровневый. Он включает в себя виброконтроль, вибродиагностику и вибромониторинг, а также так называемую проактивную диагностику.

При виброконтроле выявляется состояние диагностируемого объекта с оценкой «допустимо» - «недопустимо» без выявления характера, месторасположения и глубины дефекта.

При диагностике выявляется и оценивается наличие, месторасположение, характер и глубина дефекта. Вибродиагностика производится периодически и непрерывно (при вибромониторинге). При проактивной диагностике выявляется также причина износа, повреждения, отклонения, прогнозируется развитие дефекта. В настоящее время на большинстве предприятий осуществляется одноуровневая система диагностики, когда одни и те же лица осуществляют виброконтроль и в сравнительно редких случаях вибродиагностику.

При многоуровневой диагностике на первом уровне осуществляется виброконтроль цеховыми службами или представителями службы диагностики, закрепленными за соответствующими цехами или производствами. Они по соответствующим графикам и маршрутам осуществляют виброконтроль с передачей результатов на второй уровень.

На втором уровне производится измерение и анализ вибрационного сигнала с целью выявления характера, глубины и места дефекта, производится прогнозирование остаточного ресурса диагностируемого объекта, принимается решение по замене, техническому обслуживанию и ремонту диагностируемого узла.

На третьем уровне обобщаются результаты диагностирования, выявляются причины появления и развития дефектов, определяются предельные уровни диагностических сигналов или измерений характера сигналов, например спектрального состава.

На четвертом уровне разрабатываются технические решения по повышению надежности диагностируемых объектов. Вероятно, для большинства служб диагностики целесообразно объединение третьего и четвертого уровней.

Часто причинами повышенных колебаний БМ и другого оборудования ЦБП являются неуравновешенность валов и цилиндров, роторов, несоосность сопрягаемых посредством муфт валов, а также непараллельность осей сопрягаемых валов в батареях, например в прессах, а также непараллельность осей валов, связанных сеткой, сукном, бумагой. Трудно распознать автофрикционные колебания в конструкциях.

Обеспечение балансировки валов, выверки осей валов, соединяемых муфтами, и параллельности осей валов, связанных сеткой, сукном, бумагой, требует специальных знаний и технических средств. Выполнение этих операций требует их централизации на предприятии. Для этих целей лучше всего подходит централизованная служба диагностики. На многих предприятиях балансировку валов, их выверку и обеспечение параллельности сопрягаемых валов осуществляет служба диагностики оборудования.

Следует отметить, что функции диагностики технологического процесса выполняет встроенная система автоматического регулирования технологического процесса производства бумаги. Вероятно, в будущем система диагностики механической и электрической части БМ будет также стационарной, встроенной в систему управления БМ.

Наиболее сложный вопрос при организации служб диагностики – определение оптимальной штатной численности этой службы. Существует несколько методик расчета. Для крупного предприятия определение штатной численности службы диагностики можно производить на основе норм численности ремонтного персонала. По результатам анализа опубликованных источников численность служб диагностики составляет от 2,5 до 10% от численности ремонтного персонала производства.

Для небольших предприятий можно использовать методику расчета штатной численности службы диагностики, включающую определение годового количества диагностик и затраты времени на одну диагностику. Например, на измерение и обработку одного спектра вибросигнала тратится 7 минут. Требуется определить количество точек диагностирования и баланс времени в год на диагностику всех агрегатов, что для крупного предприятия трудно реализуемо.



Список литературы

1. Куцубина Н.В. Совершенствование технической эксплуатации бумагоделательных и отделочных машин на основе их виброзащиты и вибродиагностики: монография/ Н.В. Куцубина, А.А. Санников. – Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т, 2014 – 144 с.
2. Куцубина Н.В. теория и практика оценки технического состояния трубчатых валов бумагоделательных машин: монография/ Н.В. Куцубина. - Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т, 2016 – 132 с.
3. ГОСТ 26493 – 85. Вибрация. Технологическое оборудование целлюлозно-бумажного производства. Нормы вибрации. Технические требования.
4. Горелик А. Решать наболевшую проблему // Коммунист. – 1986. - №11. – С.41-43.
5. Ключев В.В. Техническая диагностика // Контроль. Диагностика. – 2014. - №3. – С.5-11.
6. ГОСТ Р ИСО 18436-2-2005 Функции персонала в области вибрационной диагностики и контроля состояния машин.

---

УДК 676+62-7

**КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

**Сушко Андрей Евгеньевич,**  
генеральный директор, ООО НПО «Диагностические технологии»,  
г. Москва, E-mail: [as@diatechnic.ru](mailto:as@diatechnic.ru)

**Ключевые слова:** комплексное диагностирование, мониторинг, обслуживание и ремонт.

**Аннотация.** В докладе обосновываются направления развития диагностики технического состояния оборудования как основы совершенствования системы технического обслуживания и ремонта технологического оборудования различных отраслей промышленности, в том числе целлюлозно-бумажных производств.

**COMPLEX MONITORING AND DIAGNOSTICS  
THE TECHNICAL CONDITION  
OF MACHINERY AND EQUIPMENT**

**Sushko Andrey Evgenievich,**  
general Director, LLC NPO «Diagnostic technologies»,  
Moscow, E-mail: [as@diatechnic.ru](mailto:as@diatechnic.ru)

**Key words:** complex diagnosis, monitoring, maintenance and repair.

**Abstract.** The report substantiates the directions of development of diagnostics of the technical condition of the equipment as the basis for improving maintenance and repair of technological equipment of various industries, including pulp and paper production.

Специалисты НПО «Диатех» на протяжении многих лет занимаются вопросами повышения надежности эксплуатации роторного оборудования тепловых и атомных станций, металлургических и целлюлозно-бумажных комбинатов, предприятий оборонно-промышленного комплекса и оптимизацией затрат на его техническое обслуживание и ремонт с использованием современных методов и средств технической диагностики.